مقدمة في أنظمة KNX و المباني الذكية

أنظمة KNX هي المعيار العالمي الموحد والمفتوح لإدارة وأتمتة المباني الذكية (Home and Building Automation). تتيح هذه التكنولوجيا التحكم المتكامل في جميع الأنظمة الكهربائية والميكانيكية داخل المنشأة من خلال شبكة اتصالات واحدة، مما يضمن التوافق التام بين منتجات الشركات المصنعة المختلفة.

1. ما هو نظام KNX؟

تأسست جمعية (KNX Association) KNX عام 1990 دمجاً لثلاثة أنظمة أوروبية سابقة (EIB, BatiBUS, EHS). واليوم، يعتبر KNX معياراً دولياً (ISO/IEC 14543-3) تلتزم به أكثر من 500 شركة مصنعة حول العالم، مما يعني أن أي جهاز يحمل شعار KNX يمكنه العمل والتواصل مع أي جهاز آخر من شركة مختلفة دون مشاكل توافقية.

فلسفة العمل (اللامركزية)

على عكس الأنظمة التقليدية التي تعتمد على وحدة معالجة مركزية (إذا تعطلت انهار النظام بالكامل)، يعتمد KNX على **اللامركزية (Decentralized System)**. كل جهاز متصل بالشبكة يمتلك "عقلاً" مصغراً (معالج وذاكرة) ويقوم بإرسال واستقبال البيانات بشكل مستقل عبر القناة المشتركة.

2. البنية التحتية والمكونات الأساسية لنظام KNX

تنقسم الأجهزة في شبكة KNX إلى ثلاثة تصنيفات رئيسية:

أ. أجهزة النظام الأساسية (System Devices)

- **مزود الطاقة (Power Supply):** يغذي الحافلة (Bus) بالطاقة الكهربائية المستمرة (عادة 30V DC) ويحتوي على ملف خنق (Choke) لمنع تداخل إشارات البيانات مع طاقة التشغيل.
- **واجهات البرمجة (IP/USB Interfaces):** تُستخدم لربط شبكة KNX بجهاز الكمبيوتر لغرض البرمجة عبر برنامج ETS، أو لربط النظام بشبكة الإنترنت للتحكم عن بُعد.

ب. المستشعرات / أجهزة الإدخال (Sensors / Inputs)

هي الأجهزة التي تلتقط التغيرات في البيئة المحيطة أو تستقبل أوامر المستخدم وترسلها كإشارات رقمية عبر الشبكة. تشمل:

- المفاتيح وشاشات اللمس الذكية.
- مستشعرات الحركة والوجود (Presence Detectors).
- محطات الطقس ومستشعرات الحرارة والرطوبة.

ج. المشغلات / أجهزة الإخراج (Actuators / Outputs)

هي الأجهزة التنفيذية التي تتلقى الأوامر من المستشعرات وتقوم بالفصل، الوصل، أو التعديل الفيزيائي. تشمل:

- **مشغلات الإضاءة (Switching/Dimming Actuators):** للتحكم في تشغيل وإطفاء وتعتيم الإضاءة.
- **مشغلات المحركات (Shutter/Blind Actuators):** للتحكم في الستائر الكهربائية والمظلات.
- **مشغلات التكييف والتدفئة (Heating/FCU Actuators):** للتحكم في صمامات التدفئة والتكييف (HVAC).

3. وسائط نقل البيانات (Communication Media)

يدعم نظام KNX أربعة أساليب رئيسية لنقل الإشارات بين الأجهزة:

١ **الكابل المجدول (KNX Twisted Pair - KNX TP):** الوسيط الأكثر شيوعاً. يُستخدم كابل خاص مكوّن من زوجين من الأسلاك (الأخضر والأحمر لنقل البيانات والطاقة، والأصفر والأبيض كاحتياطي).
٢ **عبر شبكة الإيثرنت (KNX IP):** استخدام كابلات الشبكة (Lan/WLAN) لنقل البيانات بسرعة عالية، وغالباً ما تُستخدم لربط الخطوط الرئيسية (Backbone) في المباني الكبيرة.
٣ **الترددات اللاسلكية (KNX Radio Frequency - KNX RF):** تتيح التوصيل اللاسلكي، وهي مثالية لعمليات الترميم وتوسعة الأنظمة القائمة دون الحاجة لتمديد كابلات جديدة.
٤ **عبر شبكة الكهرباء (KNX Powerline - KNX PL):** نقل الإشارات عبر تيار الكهرباء التقليدي (230V)، وهي أقل استخداماً في المشاريع الحديثة.

4. الطوبولوجيا وهيكلية الشبكة (Topology)

يتميز KNX بهيكلية مرنة للغاية (شجرية، نجمية، أو خطية) وتتوزع كالتالي:

- **الخط (Line):** القيمة الأساسية للشبكة، يمكن أن يحتوي الخط الواحد على ما يصل إلى 64 جهازاً (وقد يصل إلى 256 باستخدام مقويات الإشارة Line Repeaters).
- **المنطقة (Area):** يمكن ربط حتى 15 خطاً معاً عبر "رابط خطوط" (Line Coupler) لتشكيل منطقة واحدة.
- **النظام الكامل:** يمكن ربط 15 منطقة معاً عبر "رابط مناطق" (Area Coupler)، مما يتيح للنظام استيعاب أكثر من 58,000 جهاز في الشبكة الواحدة.

5. البرمجة والتشغيل (برنامج ETS)

تتم برمجة جميع أجهزة KNX بغض النظر عن الشركة المصنعة باستخدام برنامج موحد وحيد يسمى **ETS (Engineering Tool Software)** وتصدره جمعية KNX.

خطوات البرمجة الأساسية:

١. **استيراد ملفات الأجهزة:** يتم تحميل ملفات التعريف الخاصة بكل جهاز (Product Database) من موقع الشركة المصنعة إلى برنامج ETS.
٢. **تحديد العناوين الفيزيائية (Physical Addresses):** يُعطى كل جهاز عنواناً فريداً يحدد موقعه في الشبكة (مثلاً: 1.1.25 تعني: المنطقة 1،

الخط 1، الجهاز رقم 25).

٣ **إنشاء عناوين المجموعات (Group Addresses):** هي العناوين المسؤولة عن ربط الوظائف (مثلاً: ربط زر معين بمخرج إضاءة محدد).

٤ **تحميل البرمجة (Download):** يتم نقل البيانات من الكمبيوتر إلى الأجهزة عبر واجهة التوصيل (IP أو USB).

6. مميزات وعيوب نظام KNX

المميزات:

- **الاعتمادية العالية:** بفضل النظام اللامركزي، إذا تعطل جهاز، تستمر بقية الأجهزة في العمل كالمعتاد.
- **التوافقية المفتوحة:** حرية اختيار المنتجات من تصميمات وأسعار مختلفة دون التقيد بشركة واحدة.
- **كفاءة الطاقة:** يساهم في تقليل استهلاك الطاقة بنسب تصل إلى 30% إلى 50% من خلال التحكم الذكي بالتكييف والإضاءة بناءً على الحضور والطقس.
- **المرونة والاستدامة:** يمكن إعادة برمجة الوظائف وتغيير أدوار المفاتيح دون الحاجة لتغيير التمديدات الكهربائية في الحائط.

العيوب:

- **التكلفة الأولية:** أسعار الأجهزة وكابلات KNX تعتبر مرتفعة مقارنة بالأنظمة التقليدية أو الأنظمة اللاسلكية الاستهلاكية (مثل Zigbee أو Wi-Fi).

- **الحاجة لمتخصصين:** يتطلب تصميماً هندسياً مسبقاً، وفنيين مؤهلين للتمديد، ومهندسين معتمدين للبرمجة باستخدام ETS.

7. مقارنة بين التوصيل التقليدي وتوصيل KNX

وجه المقارنة	النظام التقليدي	نظام KNX
التمديد الكهربائي	كابلات الطاقة تمر مباشرة عبر المفاتيح إلى الأحمال (اللمبات/المحركات).	كابلات الطاقة تتجه مباشرة من لوحة التوزيع إلى المشغلات (Actuators)، بينما تمر المفاتيح بكابل بيانات منخفض الجهد (30V).
حجم لوحات الكهرباء	أصغر حجماً.	أكبر حجماً لاستيعاب مشغلات ومغذيات النظام.
التحكم المتقاطع	معقد جداً ويتطلب تمديدات "الديفاتير/ المقاطِع" الصعبة.	يتم برمجياً بلمسة زر وبكل سهولة.

خلاصة

يعتبر نظام KNX الاستثمار الأفضل للمباني الإدارية، الفنادق، والفيلات الفاخرة التي تبحث عن نظام أتمتة مستدام وعالي الاعتمادية يعيش لعقود. ورغم تكلفته المرتفعة عند التأسيس، إلا أنه يعوض هذا الفارق على المدى الطويل من خلال توفير الطاقة وسهولة الصيانة والتطوير المستقبلي.